

Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde
und Technologie

(Vorsteher: Prof. Dr. H. Marx)

der Klinik und Poliklinik

für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

**Experimentelle Untersuchung über die
Kugeldruckhärte, Druckfestigkeit und
Erstarrungszeit verschiedener Einbettmassen
für den Guß von Kobalt-Chrom-Legierungen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors
der Zahnheilkunde der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von
Wolfgang Deck
Zahnarzt
aus Mannheim

Mainz 1973

Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde
und Technologie (Vorsteher: Prof. Dr. H. Marx) der
Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kiefer-
krankheiten der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Experimentelle Untersuchung über die
Kugeldruckhärte, Druckfestigkeit und
Erstarrungszeit verschiedener Einbett-
massen für den Guß von Kobalt-Chrom-
Legierungen

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors
der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

WOLFGANG DECK

Zahnarzt
aus Mannheim

Mainz 1973



Fachbereichsdekan: Prof. Dr. Dr. W. Ketterl

Referent: Prof. Dr. H. Marx

Korreferent: Prof. Dr. K. Fuhr

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Juni 1973

1. Einleitung	1
2. Vorbemerkung	2
3. Bedeutung der Dankbarkeit	3
4. Elemente der Dankbarkeit	4
5. Ausdrucksformen	5
6. Danksagung	6
a) Meinen lieben Eltern	6
in Dankbarkeit gewidmet	6
b) Danksagung an die Lehrer	6
c) Danksagung an die Freunde	6
d) Danksagung an die Verwandten	6
e) Danksagung an die Mitbürger	6
f) Danksagung an die Vorgesetzten	6
g) Danksagung an die Helfer	6
h) Danksagung an die Helfer	6
i) Danksagung an die Helfer	6
j) Danksagung an die Helfer	6
k) Danksagung an die Helfer	6
l) Danksagung an die Helfer	6
m) Danksagung an die Helfer	6
n) Danksagung an die Helfer	6
o) Danksagung an die Helfer	6
p) Danksagung an die Helfer	6
q) Danksagung an die Helfer	6
r) Danksagung an die Helfer	6
s) Danksagung an die Helfer	6
t) Danksagung an die Helfer	6
u) Danksagung an die Helfer	6
v) Danksagung an die Helfer	6
w) Danksagung an die Helfer	6
x) Danksagung an die Helfer	6
y) Danksagung an die Helfer	6
z) Danksagung an die Helfer	6
7. Danksagung	7
8. Danksagung	8
9. Danksagung	9
10. Danksagung	10
11. Danksagung	11
12. Danksagung	12



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554420_0042

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung	2
2. Problemstellung	3
3. Bestandteile der Einbettmassen	6
4. Bisherige Untersuchungen der Einbettmassen	8
5. Versuchsmaterialien	13
6. Eigene Versuche	
A) Kugeldruckhärteprüfung	
1. Versuchsbedingungen	17
2. Anrühren der Einbettmasse	18
3. Herstellung der Prüfkörper	19
4. Durchführung der Versuche	20
B) Druckfestigkeitsprüfung	
1. Versuchsbedingungen	23
2. Anrühren der Einbettmasse	23
3. Herstellung der Prüfkörper	23
4. Durchführung der Versuche	26
C) Abbindezeitbestimmung	
1. Versuchsbedingungen	27
2. Anrühren der Einbettmasse	27
3. Herstellung der Prüfkörper	28
4. Durchführung der Versuche	30
7. Versuchsergebnisse	32
8. Statistische Auswertung und Ergebnisse	57
9. Zusammenfassung	70
10. Literaturverzeichnis	72

1. Einleitung

Im Jahre 1909 entwickelte TAMANN (37) eine Legierung auf Kobalt-Chrom-Basis.

HAUPTMEYER (17) führte diese Legierung in die Zahnheilkunde ein. Mit diesem Werkstoff stand ein geeignetes Material zur Herstellung von Einstückgußprothesen zur Verfügung.

Die Vorteile lagen vor allem in der höheren Bruchfestigkeit und den besseren hygienischen Eigenschaften. Die Festigkeitswerte erlaubten eine grazile Gestaltung bei höherer Haltbarkeit. Die Mundbeständigkeit und die Gewebeverträglichkeit konnten nahezu als ideal bezeichnet werden. Als weiterer Vorzug galt die Möglichkeit, die bisher verwendeten gebogenen Klammern und Auflagen durch gegossene zu ersetzen.

Die technische Herstellung dieser Gußarbeiten erwies sich jedoch durch den hohen Schmelzpunkt und die starke Erstarrungskontraktion der Legierung als äußerst schwierig. Ausreichende Gußresultate bezüglich der Dimensionsgenauigkeit und Fehlerfreiheit der Gußstücke konnten erst durch die Entwicklung neuer Einbettmassen erreicht werden, so daß die Verwendung der Kobalt-Chrom-Legierung heute allgemein verbreitet ist.

2. Problemstellung

Einbettmassen dienen zur Herstellung individueller Hohlformen, mit deren Hilfe formgetreue oberflächen-glatte Metallobjekte angefertigt werden. Sie werden aus Pulver und Flüssigkeit zu einer plastischen Masse angerührt, die zu einer festen Masse erstarrt.

OESCHGER (24) stellte an eine gute Einbettmasse folgende Forderungen:

"1. Sie soll Präzisionsgüsse erlauben und die Möglichkeit des Kontraktionsausgleichs bieten.

2. Sie soll feinkörnig und beim Einbettvorgang von mitteldicker Beschaffenheit sein, um sich der Wachs-einlageoberfläche gut anzuschmiegen, um letztere möglichst getreu wiederzugeben und lange Polierarbeiten zu ersparen.

3. Die Masse soll widerstandsfähig, kantenfest und hitzebeständig sein, um dem Druck des einströmenden heißen Gußmetalles zu widerstehen und dabei nicht zu zerfallen.

4. Genügende Porosität ist wichtig, um ein vollständiges Entweichen der Luft beim eigentlichen Guß-prozeß zu gewährleisten.

5. Möglichst schlechte Wärmeleitung der Einbettmasse soll Gewähr bieten, daß das Metall so wenig als möglich über den Schmelzpunkt erhitzt werden muß.

6. Die Masse soll keine Substanz enthalten, die unter dem Einfluß des erhitzten Metalles schmelzen und dadurch an der Oberfläche der Einlage haften. Beim Vorhandensein von Quarz in der Masse kommt dies leicht vor, wenn das Metall überhitzt wird.

7. Die Masse darf keine Substanz enthalten (wie z.B. Schwefel), die in der Hitze in das Metall diffundieren oder Verbindungen mit ihm eingehen."

Die Härte der Einbettmasse ist von entscheidendem Einfluß auf das Gelingen des Gußes.

Bei der Gußmethode von OLLENDORF (25) zur Herstellung zahnärztlicher Ersatzstücke wurde das Gold nur mit Hilfe der Schwerkraft in die durch ein Wachsmodell gewonnene Hohlform eingebracht.

TAGGART (36) erkannte jedoch, daß zum Erzielen guter Gußresultate diese Kraft allein nicht genügte. Er erreichte durch Zusatz von Druck einen schnelleren Einfluß des Goldes in die Form und damit ein genaueres Ausfließen und ein besseres Entweichen der vorhandenen Luft.

Bei allen in der Folgezeit entwickelten Gußmaschinen wird die Schmelze mit Hilfe des Gasdruckes, Dampfdruckes oder der Fliehkraft beschleunigt.

Die beim Einschießen der Schmelze entstehenden Kräfte müssen durch die Einbettmasse ausgeglichen werden, damit es nicht zur Veränderung der Hohlform kommt (28).

Auch werden bei ungenügender Kantenfestigkeit der Einbettmasse durch die einschießende Schmelze Teilchen der Einbettmasse mitgerissen, die später als Einschlüsse innerhalb des Metallgefüges erscheinen.

Dadurch wird die Festigkeit der Gußstücke wesentlich herabgesetzt. An grazil gestalteten Prothesenteilen wie Klammerarmen und Auflegern ist dies besonders schwerwiegend und führt zu den häufig beobachteten Brüchen.

Da die Hersteller keine Angaben über die Festigkeitswerte ihrer Erzeugnisse machen, sollte in der vorliegenden Arbeit die Kugeldruckhärte und die Druckfestigkeit verschiedener im Handel befindlicher Einbettmassen für den Guß von Kobalt-Chrom-Legierungen untersucht werden. Um den Bedingungen zu entsprechen, die beim eigentlichen Gießvorgang bestehen, sollen die Prüfungen der Einbettmasse nicht nur bei Zimmertemperatur, sondern auch nach Vorwärmen auf 1.000°C durchgeführt werden. Außerdem soll die Abbindezeit der vorliegenden Materialien bestimmt werden.

3. Bestandteile der Einbettmassen

Die ersten Angaben über die Zusammensetzung der Einbettmassen finden wir bei OLLENDORF (25) im Jahre 1904. Er stellte ein Gemisch aus 5 Löffel Graphit, 10 Löffel Gips und 5 Löffel Mamormehl oder Schiefermehl her.

KUNERT (22) verwendete zum Einbetten von Wachsmodellen einen dünnen Brei aus gleichen Teilen Formsand und Gips.

SOLBRIG (31) wählte ein Gemisch aus 40 ccm Wasser, 100 g Sand und 25 g Gips.

BACH (2) fertigte die Einbettmassen aus Gips, Schlemmkreide, feinstem Seesand, Talkum und auch *Ossa sepia* an.

Zum Gießen von Edelmetallen benutzt man heute Einbettmassen, die als Hauptbestandteil des Pulvers außer Gips als Bindemittel die drei polymorphen Modifikationen des kristallisierten Kieselsäureanhydrits SiO_2 (Kieselerde) - Quarz, Tridymit und Cristobalit - enthalten. Je nach der Temperatur erfolgt die Umwandlung der Quarzmodifikation (34):

Quarz 370°C - Tridymit - 1470°C - Cristobalit

Das natürliche Vorkommen der Minerale Tridymit und Cristobalit ist so gering, daß diese beiden SiO_2 Formen heute durch Tempern von Quarz bei hohen Temperaturen gewonnen werden.

Als Zusatzstoffe kommen verschiedene Stoffe in Betracht, die die Abbindezeit der Einbettmassen beeinflussen.

HÖFER (18) gibt als Verzögerer der Abbindegeschwindigkeit Zinksulfat (ZnSO_4), Natriumsulfat (Na_2SO_4), Ammoniumchlorid (NH_4Cl) und Kaliumnitrat (KNO_3), als Verzögerer der Abbindezeit Borsäure (H_3BO_3) und Borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 10 \text{H}_2\text{O}$) an.

Bei Temperaturen über 800°C entsteht bei Gips-Quarzgemischen Calciumsilikat nach der Formel:



SO_2 ist nicht beständig und zerfällt in schweflige Säure und Sauerstoff. Deshalb sind diese Einbettmassen für hochschmelzende Legierungen von ca. 1400°C nicht geeignet (41).

Für Kobalt-Chrom-Legierungen werden gipsfreie Einbettmassen herangezogen. Es handelt sich um Einbettmassen auf Phosphat- und Äthylsilikatbasis. Als Bindemittel treten Zink- oder Magnesiumsulfat an die Stelle des Calciumsulfates.

Als weitere Bestandteile sind kristallisiertes Silicium, Zirkon an Kieselsäure gebunden zu nennen. Die Flüssigkeit besteht aus Wasser, Phosphorsäure und Äthylsilikat.

REHBERG (27) gibt eine genaue Beschreibung einer dieser Einbettmassen:

Die wichtigsten Ausgangsprodukte sind Quarzsand und Tetraäthoxysilan $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$. Lösungsvermittler, wie zum Beispiel Äthylalkohol, sind in der Lage, sich sowohl mit dem wasserunlöslichen Tetraäthoxysilan als auch mit Wasser zu vermischen. Diese Lösungen sind jedoch auf längere Zeit instabil. Es entsteht zunächst durch Abspaltung von Äthylalkohol und Anlagerung von OH-Gruppen kolloidale Kieselsäure in Form eines Sols oder Gels. Durch Wasserabspaltung

bildet sich SiO_2 . Die Enthärtung der Einbettmasse tritt bei dem Kontrakt verdünnter Kieselsäurelösungen mit porösen Stoffen durch das sich bildende Gel ein. Durch Säuren oder Laugen wird die Hydrolyse, das heißt die Abbindung, beschleunigt (8), (9).

4. Bisherige Untersuchungen der Einbettmassen

Über Einbettmassen wurden bereits zahlreiche Untersuchungen durchgeführt. Die Mehrzahl dieser Arbeiten befaßt sich jedoch mit den gipsgebundenen Einbettmassen für den Goldguß und insbesondere mit den verschiedenen Expansionsformen zum Ausgleich der Gußkontraktion.

Die Härte der Einbettmassen wurde bisher weniger beachtet, obwohl sie für den Guß eine wichtige Rolle spielt.

COLEMANN (4),(5) führte die ersten Festigkeitsversuche an Gips-Quarz-Gemischen durch. Er bediente sich dabei des Kugeldruckverfahrens. Seine Untersuchungen wurden bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt. Er stellte dabei eine Abnahme der Härte der Einbettmassen durch Erhitzen fest. Der Endwert bei Gußtemperatur lag um etwa ein sechstel niedriger als der Wert bei Zimmertemperatur. Er wies auch auf den Einfluß des Wassergehaltes der Mischung auf die Härte hin. Bei der Vermehrung des Wassers um 25 % fielen die Festigkeitswerte um 62 %, während eine Verminderung des Wassers um 25 % eine Steigerung der Härte von 42 % ergab.

SPANNER (32) forderte von den Einbettmassen eine gewisse Härte, um den beim Gießen auftretenden Kräften zu widerstehen. Er beschreibt gleichzeitig verschiedene Methoden zur Bestimmung der Festigkeit.

TAYLOR, PFAFFENBERGER und SWEENEY (38) führten Versuche über Erstarrungszeit, Druckfestigkeit und andere Eigenschaften von Einbettmassen durch. Sie schlossen aus ihren Versuchen, daß die Druckfestigkeit der Inlayeinbettmassen bei Zimmertemperatur keine direkte Aussage über ihre Festigkeit bei hohen Temperaturen machten.

Die AMERICAN DENTAL ASSOCIATION Specification no. 2 (1) schreibt für die einfache Gußtechnik eine Härte der Einbettmassen von mindestens $24,5 \text{ kg/cm}^2$ vor. Sie gibt auch genaue Richtlinien für Qualität und andere Eigenschaften der Einbettmassen an. Die Abbindezeit soll nicht kürzer als 5 Minuten und nicht länger als 25 Minuten sein.

GERLACH (13) veröffentlichte 1935 eine Arbeit über "thermovolumetrische Untersuchungen an Einbettmassen". Er gibt als bestes Mischungsverhältnis Gips:Quarzsand 1:3 an. Ein kleinerer Quarzanteil würde eine zu geringe thermische Expansion bedeuten, wogegen die Verminderung des Gipsanteils die Festigkeit herabsetzen würde.

GERLACH stellte übereinstimmend mit COLEMAN eine Verminderung der Belastbarkeit nach Erhitzen fest. Die Härtebestimmung nach Brinell wurde mit einer Kugel von 5 mm Durchmesser bei Raumtemperatur und bei Erhitzen auf 700°C durchgeführt.

Weitere Untersuchungen liegen von HUNTER (19) über die Bestimmung der Druckfestigkeit der gipsgebundenen Protheseneinbettmassen und von DOOTZ, CRAIG und PEYTON (7) vor.

Von den geprüften Materialien zeigte "Ransom und Randolph Gray" die größte Verminderung der Festigkeit nach Erhitzen.

FEINMANN (11) berichtet, daß die Druckfestigkeit beim Erhitzen nicht kontinuierlich abnimmt, sondern von der jeweiligen Quarzmodifikation bestimmt wird.

TAEGE (35) betrachtet die Korngrößen der Einbettmassen, wobei er feststellt, daß für eine glatte Gußoberfläche eine feine Körnung notwendig ist, die Härte jedoch eine größere Körnung voraussetzt.

Nach KANTAKE (20) tritt beim hygroskopischen Einbettverfahren gegenüber den luftgehärteten Formen eine Abnahme der Festigkeit der Einbettmassen um 10 bis 30 % ein.

OESCHGER (24), GRASSL (15) und SCHWINDLING (30) ermittelten bei den Untersuchungen ihrer Einbettmassen eine wesentliche Steigerung der Härte und Verbesserung der Oberfläche durch Vakuumeinbettung.

PRENZ (26) führte seine Untersuchungen der Einbettmassen "Articast" und "Expansit" mit dem Konsistometer aus. Die Ergebnisse zeigten wiederum eine Härtesteigerung bei den mit der Vakuummethode hergestellten Prüfkörper.

SCHILLING (28) überprüfte die Verformung der Einbettmassen unter dem Druck der Eingeschleuderten

Schmelze. Er kommt zu dem Schluß, daß keine Volumenvergrößerung der Gußobjekte und damit keine Deformierung der verwendeten Einbettmassen eintritt.

1969 erschien eine Arbeit von EARNSHAW (10) über "die Druckfestigkeit gipsgebundener Einbettmassen bei hohen Temperaturen". Die festgestellten Veränderungen der Härte, durch die Erhitzung hervorgerufen, war von den 10 geprüften Materialien nicht konstant. Sie hing von dem besonderen Stoff ab, der den Einbettmassen hinzugegeben wurde, um die Schrumpfung des Gipsbinders während der Erhitzung zu verringern. Die größte Verminderung der Druckfestigkeit wurde bei Einbettmassen gefunden, die Kochsalz enthielten.

Eine Untersuchung über die Erstarrungszeit, Kugeldruckhärte und Druckfestigkeit bei verschiedenen gipsfreien Einbettmassen für das Keramikaufbrennverfahren liegt von HAAG (16) vor.

LANGHAUSER (23) schreibt über die Druckfestigkeit einiger zahnärztlicher Einbettmassen für Edelmetalllegierungen und mißt die beim Gußvorgang mit gebräuchlichen Schleudern in der Hohlform auftretenden Kräfte.

Er bemerkt dazu: " Aus diesen Ergebnissen wird deutlich, daß von allen Einbettungsmassen sowohl die Forderungen der ADA für eine Mindestdruckfestigkeit erfüllt werden, als auch die beim Schleuderguß auftretenden Drucke, wenn auch mit einem sehr verschiedenen großen Sicherheitsfaktor, aufgenommen werden können."

KLOHE (21) stellte eine Verminderung der Druckfestigkeit durch den Reaktionsbeschleuniger "Super Setting" fest.

Über den negativen Einfluß von Beschleunigern auf das thermische Volumenverhalten der Einbettmassen berichtete bereits GERLACH (12),(14) und lehnte diese Substanzen als Zugabe zu Einbettmassen ab.

Mit dem Problem der Abbindezeit beschäftigten sich bereits BENNSTEIN (3), STERZEL (35) und SCHOENBECK (29).

5. Versuchsmaterialien

1. WIROVEST (Bremer Goldschlägerei Wilhelm Herbst)

Mischungsverhältnis: 53 ccm Wasser : 350 g Wirovestpulver

Anrührzeit: 90 Sekunden

Abbindezeit: 30 Minuten

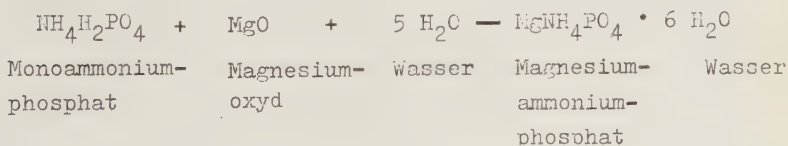
Der Hersteller empfiehlt das Anrühren unter Vakuum, da dadurch die Verdichtung der Einbettmasse gesteigert wird, was einen glatten und sauberen Guß ergibt.

Das Eingießen in die Form soll auf einem Vibrator erfolgen, wofür eine Rüttelzeit von 20 Sekunden angegeben wird.

Über die chemische Zusammensetzung und die Reaktion bei der Verarbeitung werden von der Firma Herbst genaue Angaben gemacht:

Wironit C ist eine "Einphaseneinbettmasse", das heißt, daß alle darin enthaltenen Stoffe im nicht reaktionsfähigen Zustand beigemischt sind. Erst die Zugabe von Wasser und das spätere Vorwärmen lösen chemische Reaktionen aus. Die Einbettmasse muß deshalb stets trocken gelagert werden.

Das Abbinden der Einbettmasse beruht auf der Reaktionsfähigkeit eines basischen Metalloxydes, dem Magnesiumoxyd mit einem sauren Phosphat, dem Ammoniumphosphat in Verbindung mit Wasser. Nach intensivem Rühren setzt eine Reaktion nach folgender Gleichung ein:



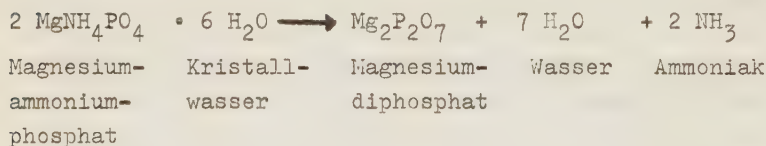
Durch Spuren von Sulfiden in der Einbettmasse bildet sich während des Anmischens Schwefel-Wasserstoff. Diese Verbindung bewirkt den charakteristischen H_2S -Geruch.

Nach dem Abbinden erfolgen weitere chemische Reaktionen durch das Vorwärmen im Ofen.

Zwischen 80 und $110^{\circ}C$ entweicht ein Teil des freien und absorbierten Wassers, welches bei der Abbindung entstanden ist.

Zwischen 230 und $270^{\circ}C$ gibt die Masse das Wasser ab, das in Kristallen gebunden war.

Zwischen 280 und $330^{\circ}C$ wird das Ortho-Phosphat in die glühbeständige Pyroform übergeführt.



2. HYDROVEST (Frankonia Dental)

Mischungsverhältnis: 70 ccm Wasser : 500 g Hydrovestpulver
Verarbeitungszeit: 2 - 3 Minuten
Abbindeexpansion: 1 %
thermische Expansion: 2 %
Anrühren unter Vakuum: 40 Sekunden

Über die chemische Zusammensetzung werden von der Firma keine Angaben gemacht.

3. REMA P (Dentaurum)

Silikat-Einbettungsmasse für den Kobalt-Chrom-Guß

Mischungsverhältnis: 42 ccm Wasser : 300 g Rema P-Pulver
Anrührzeit: 30 Sekunden
Einrüttelzeit: 20 Sekunden

Vorbereitung zum Gießen:

Gußform nach 30 Minuten Abbindezeit im kalten Ofen bzw. Trockenschrank innerhalb von weiteren 30 Minuten auf 250 bis 300°C erhitzen. In weiteren 60 Minuten bis auf 1000°C anheizen, bei besonders dünnen und graziilen Güssen bis auf 1050 bis 1100°C.

4. MULTI-VEST (Ransom und Randolph)

Mischungsverhältnis: 14 Teile Wasser : 100 Teile Multi-Vest
Anrührzeit: 60 Sekunden
Einrüttelzeit: 20 Sekunden

5. HARTEX (Krupp)

Mischungsverhältnis: 50 ccm Binder- : 250 g Hartex-Pulver
flüssigkeit
Abbindezeit: ca. 20 Minuten
Anrührzeit: 60 Sekunden
Einrüttelzeit: 20 Minuten

Die Einbettmasse Hartex wird mit einer Binderlösung, die sich aus zwei Bindern zusammensetzt, angemischt. Die beiden Binder haben getrennt eine unbegrenzte Faltbarkeit. Zusammengemischt kann man sie nur etwa 5 Tage benutzen.

Während dieser Zeit muß die Binderlösung kühl gelagert werden. Danach tritt eine Gelierung ein, die bis zum Erstarren geht. Pulver und Binderflüssigkeit werden im Verhältnis 250 g Pulver : 50 ccm Flüssigkeit angemischt.

Das Pulver besteht aus verschiedenen Körnungen und feinen Stoffen. Während der Vibration finden sich diese Körnungen zu einer homogenen Einheit zusammen. Die feinen Stoffe und die Binderflüssigkeit füllen die verbleibenden Spalten aus. Die Konsistenz ist im Verhältnis zu den mit Wasser angerührten Massen dünn. Nach Einfüllen in die Muffel werden sie auf dem Rüttler 20 Minuten weitergerüttelt. In dieser Zeit findet eine Verdichtung statt. Das Rütteln bewirkt, daß sich die Einbettmasse setzt und die Flüssigkeit nach oben aufsteigt.

Diese Angaben wurden den Prospekten der Hersteller entnommen.

6. Eigene Versuche

A) Kugeldruck-Härteprüfung

1. Versuchsbedingungen

Die Kugeldruck-Härteprüfungen wurden mit dem Kugeldruck-Härteprüfer " Z 426 ", der Firma Zwick & Co., Einsingen, durchgeführt. Als Eindringkörper diente eine Kugel von 10 mm Durchmesser. Die Eindrücke auf dem Probekörper erfolgten unter einer Hauptlast von 50 kp. Abgelesen wurde unter Vorlast von 1 kp nach 10 Sekunden Belastung.

Die Materialien wurden nach Vorschrift der Hersteller mit dem Vakuumanrührgerät der Firma Whip-Mix angerührt. Es wurde nach DIN 1168 (6) destilliertes Wasser verwendet.

Die Prüfkörper hatten einen Durchmesser von 50 mm und eine Höhe von 30 mm. Es wurden für jede Einbettmasse 5 Probekörper hergestellt. Die Prüfungen erfolgten nach 1 Stunde, 24 Stunden und nach Vorwärmen bis 1000^oC Anheiztemperatur. Die Anheizzeit betrug 1 Stunde.

Alle Versuche wurden bei einer Zimmertemperatur von 18 - 21^oC und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 - 60 % durchgeführt. Die Probekörper wurden offen gelagert.

2. Anrühren der Einbettmasse

Die Einbettmassen wurden nach den Vorschlägen der " AMERICAN DENTAL ASSOCIATION " (1) specification no. 2 for casting investment for dental gold alloy " angerührt:

- "1. Das Pulver soll dem Wasser in einem geeigneten Mischgefäß zugefügt und mit der Hand sofort für 20 Sekunden gerührt werden. Die Zeit der ersten Berührung des Pulvers mit dem Wasser soll als Beginn des Mischens betrachtet werden.
2. Nach dem Rühren mit der Hand soll die Mischung mechanisch gerührt werden mit 100 Umdrehungen eines feststehenden Flügelblattes, etwa 15 Sekunden lang."

Um den Angaben der Hersteller gerecht zu werden, haben wir die oben genannten Vorschläge der " AMERICAN DENTAL ASSOCIATION " unter Punkt 2 dahingehend geändert, daß wir die Mischungszeit mit dem mechanischen Rührgerät für jede Einbettmasse nach Vorschriften der Hersteller verlängerten.

Das Mischungsverhältnis von Pulver und Wasser wurde ebenfalls den Angaben der Hersteller entnommen. Zum genauen Abwiegen des Pulvers bedienten wir uns einer geeichten Waage. Das destillierte Wasser wurde mit einem geeigneten Meßzylinder abgemessen und in das Mischgefäß des Whip-Mix-Rührgerätes gegossen. Nach Hinzugeben des abgewogenen Pulvers wurde mit der Hand 20 Sekunden gerührt. Danach wurde unter Vakuum im Whip-Mix-Rührgerät weitergerührt. Für die Einbettmasse HARTEX wurde anstelle des Wassers die beigegebene Flüssigkeit verwendet.

Folgende Anrührzeiten werden von den Herstellerfirmen angegeben:

Wirovest	90 Sekunden
Hydrovest	40 Sekunden
Rema P	30 Sekunden
Multi-Vest	60 Sekunden
Hartex	60 Sekunden

3. Herstellung der Prüfkörper

Zur Bestimmung der Kugeldruckhärte wurden für jedes Material 5 Prüfkörper hergestellt. Als Form diente ein 30 mm hohes geteiltes Messingrohr mit einer lichten Weite von 50 mm und einer Wandstärke von 3 mm. Diese Form wurde mit einer Glasplatte als Unterlage auf einen Vibrator gestellt und die Einbettmasse langsam eingefüllt. Nach einer Einrüttelzeit von 20 Sekunden wurde mit Hilfe einer zweiten Glasplatte der an der Oberseite sich bildende Überschuß glattgestrichen. Nach einer Stunde und nach Entfernen der bedeckenden Glasplatten wurden die Messungen an dem Prüfkörper durchgeführt. (Abb. 2)

Bei der Herstellung der Prüfkörper für die Einbettmasse Hartex mußte der Herstellungsmodus geändert werden. Diese Masse muß nach dem Anrühren 20 Minuten auf dem Vibrator gerüttelt werden. Die dadurch erreichte Verfestigung des Materials bedingt eine Anreicherung der Flüssigkeit an der Oberfläche der Muffel.

Um gleiche Bedingungen bei der Durchführung der Versuche zu erhalten, mußte bei diesem Material notwendigerweise die Muffel durch eine Manschette über ihr normales Maß hinaus verlängert werden. Nach dem

Einrütteln und der Verfestigung der Einbettmasse wurde dieser um die Manschette verlängerte Teil abgetrennt. Diese Maßnahme gewährleistet eine gleichförmige Konsistenz innerhalb der Probe. Gemessen wurde wie bei den übrigen Prüfkörpern auf der Unterseite.

4. Durchführung der Versuche

Für die Härteprüfung der Einbettmasse wurde die DIN-Vorschrift 1168 herangezogen (6).

Da die Einbettmasse zu den Materialien gehört, die keine nennenswerte elastische Rückverformung aufweisen, war es möglich, nach Entlastung unter einer Vorlast von 1 kp abzulesen. Dadurch konnte die Deformation des Prüfgerätes, die vom Hersteller mit 0,04 mm bei 50 kp Last angegeben wird, vernachlässigt werden.

Es standen für jedes Material 5 Prübekörper zur Verfügung. Nach einer Trocknung von einer Stunde wurden 10 Messungen durchgeführt. Weitere 10 Eindrücke wurden nach 24-stündiger Trocknung gemessen. Für die 10 Messungen zur Prüfung der Kugeldruckhärte nach Vorwärmen der Einbettmasse wurden die Prüfkörper der Form entnommen und in den Vorwärmofen eingebracht. Nach Erhitzen auf 1000°C über die Zeitdauer von einer Stunde wurden die Proben zur Messung weiterer 10 Eindrücke dem Vorwärmofen entnommen. Zur Vermeidung fehlerhafter Abweichungen der Ergebnisse, die durch Sprünge in den Probekörpern, hervorgerufen durch die Prüflast, verursacht werden können, wurden die Proben vor der Messung in die Formen reponiert.

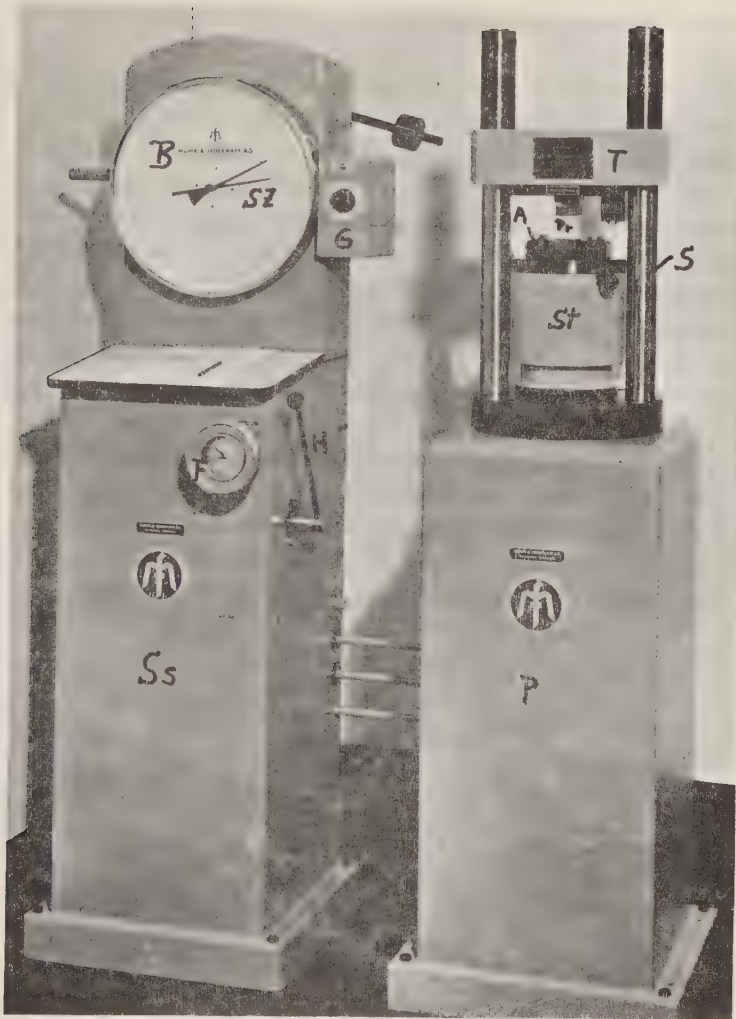


Abbildung 1

Kugeldruckhärteprüfer " Z 426 ", Zwick & Co.

A = Auflagetisch

S = Spindel

H = Handrad

E = Eindringkörper

M = Meßuhr

Vl = Vorlast

Hl = Hauptlast

B = Belastungshebel

Beschreibung siehe Text.

Die Probe wurde auf den Auflagetisch (A) der Spindel (S) gelegt. Mit dem Handrad (H) wurde die Probe dann gegen den Eindringkörper (E) gefahren. Der Eindringkörper hob sich und der Meßuhrzeiger (M) begann zu wandern. Es wurde solange langsam weitergedreht, bis der kleine und der große Meßuhrzeiger auf "Null" zeigten. Nun wurde der Belastungshebel (B) langsam entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht, bis die Last frei auf der Probe auflag. Nach 10 Sekunden Belastungsdauer wurde die Anzeige abgelesen (42).

Alle Prüfbedingungen beziehen sich auf die Vorlast (VL) von 1 kp, die Hauptlast (HL) von 50 kg und die Ablesung der Eindringtiefe von 0,01 mm. (Abb. 1)

Die Härtezahl errechnet sich nach der Formel:

$$H = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot h} \text{ kg/cm}^2$$

H = Härtezahl

D = Kugeldurchmesser

P = Belastung

h = Eindringtiefe in cm

B) Druckfestigkeitsprüfung

1. Versuchsbedingungen

Die Druckfestigkeitsprüfungen wurden mit dem Druckfestigkeitsprüfgerät "BPP 20/2" der Firma Mohr & Federhaff, Mannheim, im Lastbereich bis 4000 kp durchgeführt.

Die Fahrgeschwindigkeit betrug 10 mm/Minute.

Die Prüfkörper hatten nach Vorschlägen der "AMERICAN DENTAL ASSOCIATION" specification no. 2 for casting investment for dental gold alloy (1) einen Durchmesser von 33 mm und eine Höhe von 50,8 mm. (Abb. 2) Es wurden für jede Einbettmasse 10 Probekörper hergestellt. Die Prüfung erfolgte wiederum nach einer Stunde, nach 24 Stunden und nach Vorwärmen bis 1000°C Anheiztemperatur.

Im übrigen gelten die unter 6.A.1. angeführten Versuchsbedingungen.

2. Anrühren der Einbettmasse

Die Einbettmassen wurden wie unter 6.A.2. angegeben angerührt.

3. Herstellung der Prüfkörper

Zur Bestimmung der Druckfestigkeit wurden für jedes Material 10 Prüfkörper hergestellt. Als Form dienten 2 Halbschalen aus Messing, die zusammengesetzt und

mit einer Schlauchschelle befestigt eine Hohlform von 50,8 mm Höhe und einer lichten Weite von 33 mm ergaben. Die Wandstärke betrug 3 mm.

Bei der Herstellung der Prüfkörper verfahren wir wie unter 6.A.3. genannt.

Abbildung 2

- 1 = Prüfkörper für Kugeldruckhärteprüfung
- 2 = Form zur Herstellung der Prüfkörper
- 3 = Prüfkörper für Druckfestigkeitsprüfung
- 4 = Form zur Herstellung der Prüfkörper
- 5 = Schlauchschelle

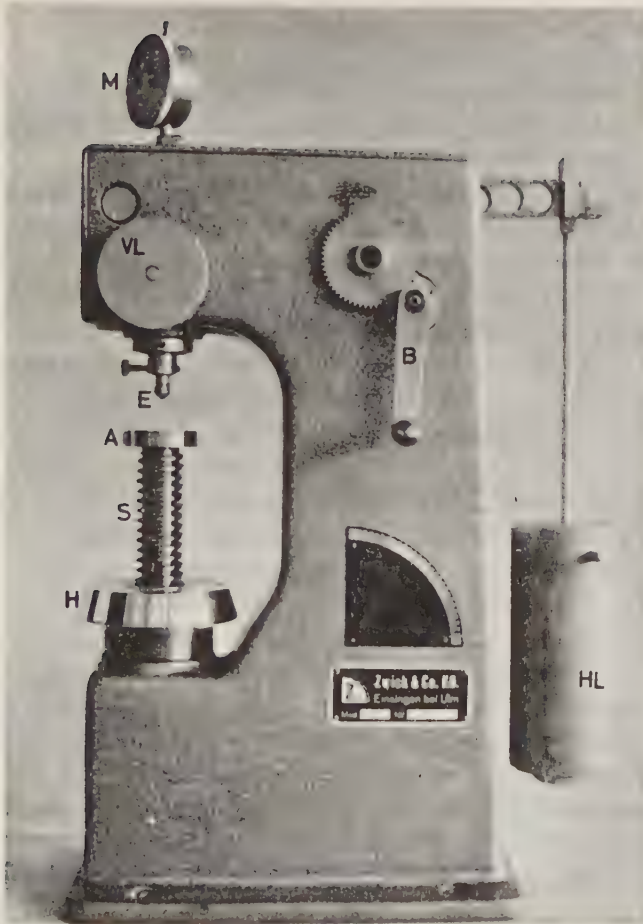


Abbildung 3

Druckfestigkeitsprüfgerät "BPP 20/2", Mohr & Federhaff

Pr = Prüfkörper	S = Säulen	H = Belastungshebel
A = Auflagetisch	P = Presse	F = Feinsteuerventil
St = Stempel	G = Geschw.geber	SZ = Schleppzeiger
T = Traverse	Ss = Steuerstand	B = Belastungsanzeiger

Erklärung siehe Text.

4. Durchführung der Versuche

Die Druckfestigkeit wurde mit Hilfe des Druckfestigkeitsprüfgerätes "BPP 20/2" der Firma Mohr & Federhaff durchgeführt.

Für jede Einbettmasse hatten wir für je eine Trocknungsart 10 Probekörper zur Verfügung. Die ersten 10 Proben wurden nach einer Stunde geprüft.

Nach 24 Stunden wurden weitere 10 Messungen durchgeführt. Nach Erhitzen auf 1000°C wie unter 6.A.4. wurden die letzten 10 Prüfkörper auf ihre Druckfestigkeit untersucht, jedoch ohne die die Prüfkörper umgebende Herstellungsform.

Der Prüfkörper (Pr) wird auf den Auflagetisch (A) des unteren Druckstempels (St) zentrisch aufgelegt. Der obere Druckstempel wird von der Traverse (T) gebildet, die durch 2 Säulen (S) mit der Presse (P) verbunden ist. Nach Vorgeben der Fahrgeschwindigkeit mittels eines Geschwindigkeitsgebers (G), der sich an dem Steurstand (Ss) befindet, wird durch Betätigen des Belastungshebels (H) der untere Stempel (St) gegen den oberen Stempel (T) gehoben. Durch das Feinsteuerventil (F) wird die Geschwindigkeit konstant gehalten.

Der Versuch ist nach Bruch des Prüfkörpers beendet. Das genaue Prüfergebnis kann anhand des Schleppzeigers (SZ) auf dem Belastungszeiger (B) leicht abgelesen werden. (Abb. 3)

C) Abbindezeitbestimmung

1. Versuchsbedingungen

Die Abbindezeit wurde mit dem Nadelgerät nach VICAT der Firma Curt Weissgerber, Frankfurt/Main bestimmt. Das Auflagegewicht betrug 300 Gramm. Die Versuche wurden bei Zimmertemperatur von 18 - 21°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 - 60 % durchgeführt.

Während der Versuche ist das Nadelgerät vor Erschütterungen zu schützen.

Aus diesem Grund konnte die Einbettmasse HARTEX, die 20 Minuten auf dem Rüttelgerät verbleiben muß, und sich in dieser Zeit verfestigt, zu diesem Versuch nicht herangezogen werden.

Die übrigen 4 Materialien wurden nach Vorschrift der Hersteller mit Hilfe des Vakuumrührgerätes mit destilliertem Wasser angerührt.

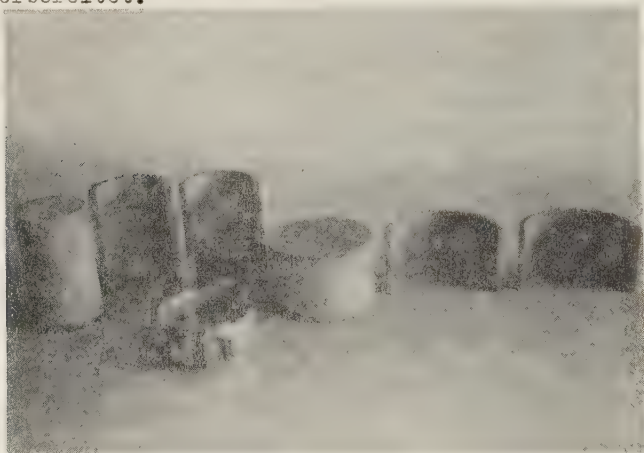
Gepprüft wurde im Abstand von 15 Sekunden. Als Beginn der Untersuchung wurde die Zeit des ersten Kontaktes des Pulvers mit der Flüssigkeit festgelegt.

2. Anrühren der Einbettmasse

Die Einbettmasse wurde wie unter 6.A.2 angegeben angerührt.

3. Herstellung der Prüfkörper

Der Prüfkörper bestand aus einem 26 mm hohen Gummiring mit einer lichten Weite von 3 cm, der die breite Einbettmasse enthielt. Drei dieser Prüfkörper wurden für jedes Material hergestellt. Auf einer Glasplatte stehend wurde dieser Gummiring auf einem Vibrator langsam mit Einbettmasse gefüllt. Die Masse wurde 20 Sekunden eingerüttelt. Nach Glattstreichen der Oberfläche war die Probe zur Prüfung vorbereitet.



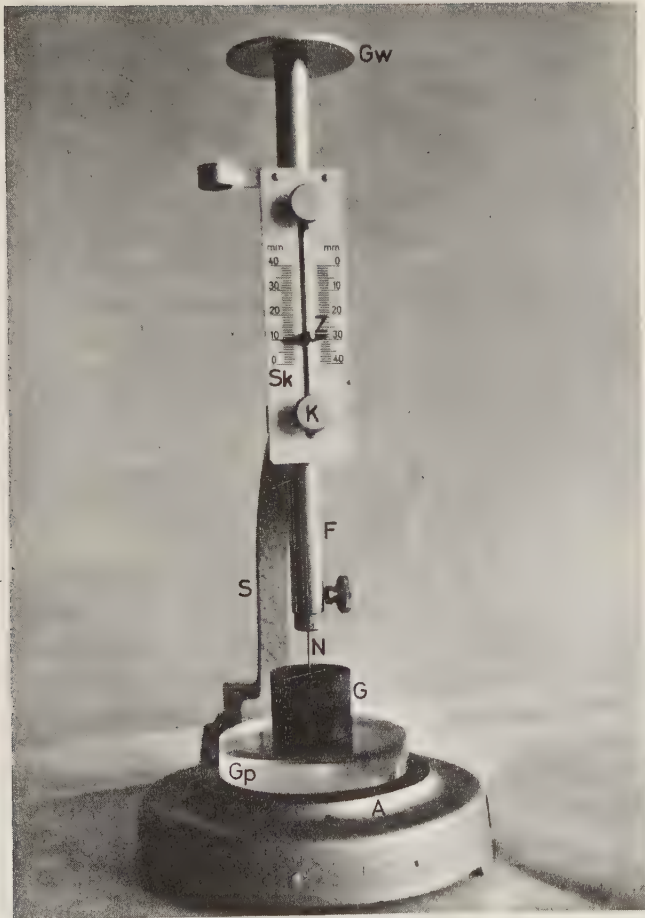


Abbildung 4

Nadelgerät nach VICAT, Curt Weissgerber

A = Auflagetisch	Gp = Glasplatte	Z = Zeiger
N = Nadel	Gw = Gewicht	F = Führungsstab
G = Gummiring	Sk = Skala	S = Skule
		K = Kordelschraube

Beschreibung siehe Text.

4. Durchführung der Versuche

Vor der Prüfung mußte das Nadelgerät richtig eingestellt werden. Die Glasplatte (Gp) wurde ohne Probe auf den Auflagetisch (A) des Prüfgerätes gestellt und die Nadel (N), die an der Unterseite des Führungsstabes (F) befestigt ist, auf die Oberseite der Glasplatte gesenkt. Mit Hilfe der beiden Kordelschrauben (K) wurde die Skala (Sk) so verstellt, daß der Zeiger (Z) des Führungsstabes auf die Nullmarke der Skala zeigte. Auf der Oberseite des Führungsstabes wurde das Gewicht (Gw) aufgelegt. Gewicht, Führungsstab und Nadel betragen zusammen 500 Gramm.

Führungsstab und Skala waren mit dem Auflagetisch durch die Säule (S) verbunden. (Abb. 4)

Für die Bestimmung der Abbindezeit wurde die fertiggestellte Probe zusammen mit der Glasplatte als Unterlage auf den Auflagetisch gestellt. Die trockene Nadel wurde langsam gesenkt bis sie die Oberfläche des Zementbreies berührte und wurde dann losgelassen. Der Erstarrungsbeginn war dann erreicht, wenn die Nadel 3-5 mm über der Glasplatte in der Masse steckenblieb. Das Erstarren galt als beendet, wenn die Nadel noch höchstens 1 mm tief in den Brei eindrang (39).

Die Nadel mußte vor jedem Eindringen gereinigt und getrocknet werden.

7. Versuchsergebnisse

	Seite
Kugeldruckhärte	32 - 41
Druckfestigkeit	42 - 46
Mittelwerttabellen	47
Abbindezeit	48 - 55
Übersichtstabelle	56

Wirovest

Tabelle 1

Kugeldruck-Härteprüfung nach 1 Stunde

Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe

Nr. d. Prüf- körpers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	16,2	15,5	16,0	16,5	16,1	16,0	15,3	16,0	16,0	15,5
2	15,5	14,8	15,1	16,0	14,7	15,9	16,0	14,9	16,0	14,9
3	16,0	16,1	14,9	15,9	12,2	15,5	15,4	16,0	16,1	15,4
4	15,6	16,0	15,4	15,3	16,3	16,0	15,1	16,0	15,3	15,5
5	15,9	15,3	15,3	16,4	16,0	16,5	16,2	16,0	16,1	15,7

Tabelle 2

Kugeldruck-Härteprüfung nach 24 Stunden

Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe

Nr. d. Prüf- körpers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	13,5	13,3	13,2	13,0	14,0	13,0	13,7	13,3	13,5	13,2
2	14,0	13,3	13,3	13,4	13,9	14,0	13,4	13,5	13,3	13,5
3	13,5	13,2	13,5	13,0	12,9	12,0	13,1	13,3	13,4	13,1
4	13,3	12,9	13,3	12,9	13,0	12,9	13,5	13,0	13,0	13,2
5	13,2	13,3	13,3	13,5	13,0	13,5	13,0	13,2	13,2	13,4

WirovestTabelle 3

Kugeldruck-Härteprüfung nach Vorwärmen

Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe

Nr. d. Prüf- körpers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	43,2	47,3	46,9	47,2	47,3	47,7	48,0	47,6	47,1	47,2
2	47,5	47,6	43,1	47,2	47,6	47,9	47,1	47,7	48,1	47,6
3	46,9	47,5	47,2	47,6	47,7	47,1	48,0	47,3	47,5	47,7
4	47,6	47,7	43,1	47,5	47,6	47,1	47,2	47,4	47,2	47,3
5	47,2	47,7	47,6	46,9	47,6	47,3	47,5	47,5	47,5	46,9

Hydrovest

Tabelle 4

Kugeldruck-Härteprüfung nach 1 Stunde

Nr. d. Prüf- körpers	Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	12,5	12,0	12,4	12,5	12,3	12,2	12,2	12,0	12,1	12,5
2	12,5	12,3	12,1	11,9	12,3	11,3	12,0	11,9	12,5	12,6
3	12,3	12,3	12,4	12,3	12,7	12,2	12,2	12,9	12,3	12,1
4	12,0	12,1	12,3	12,7	12,6	12,3	12,5	12,3	12,6	12,1
5	12,4	12,3	12,7	12,3	12,2	12,5	12,1	12,0	12,2	12,4

Tabelle 5

Kugeldruck-Härteprüfung nach 24 Stunden

Nr. d. Prüf- körpers	Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	9,9	9,8	10,3	10,0	10,2	10,1	10,5	9,9	10,2	10,5
2	10,2	10,6	10,2	10,0	10,0	10,1	10,2	9,8	9,9	10,0
3	10,4	9,9	10,0	9,9	10,0	10,5	9,9	10,2	10,1	10,2
4	10,3	10,0	10,4	10,2	10,3	10,0	9,9	10,2	10,0	9,9
5	10,1	10,3	10,5	10,6	10,2	10,4	10,0	10,1	9,8	10,0

Hydrovest

Tabelle 6

Kugeldruck-Härteprüfung nach Vorwärmen

Nr. d. Prüf- körpers	Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33,7	32,0	32,7	31,8	32,4	31,5	32,4	32,0	32,8	31,8
2	32,2	31,4	32,0	31,9	33,2	32,0	31,2	32,5	31,9	33,0
3	31,8	32,3	32,2	32,9	33,2	33,1	32,4	31,9	32,2	32,1
4	31,8	32,2	32,1	32,6	31,3	32,4	32,7	31,9	32,2	32,0
5	32,0	32,2	31,7	33,0	32,8	32,2	33,1	32,8	31,9	32,2

Rema P

labelle 7

Kugeldruck-Härteprüfung nach 1 Stunde

Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe

nr. d. Prüf- körpers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	11,3	11,6	11,2	11,5	11,1	11,2	11,7	11,1	11,2	11,0
2	11,0	11,1	11,3	11,6	11,2	11,5	11,4	11,3	11,2	11,5
3	11,5	11,0	11,4	11,3	11,7	11,5	11,4	11,3	11,1	11,2
4	11,5	11,0	10,9	11,0	11,2	11,1	11,0	11,2	11,0	11,2
5	11,3	11,4	11,0	11,2	11,1	10,9	11,6	11,2	11,3	11,2

labelle 8

Kugeldruck-Härteprüfung nach 24 Stunden

Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe

nr. d. Prüf- körpers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10,3	9,6	9,9	10,0	9,7	9,6	9,4	9,5	9,5	9,3
2	10,0	10,2	9,4	9,9	10,0	9,3	10,1	10,0	9,9	9,9
3	10,0	9,9	10,0	9,3	9,3	9,5	10,0	9,3	9,3	9,9
4	10,0	9,9	10,0	9,9	9,3	10,3	10,0	9,9	9,3	9,9
5	9,9	10,1	9,3	10,0	9,5	9,3	9,9	10,0	9,3	9,3

Rema F

Tabelle 9

Kugeldruck-Härteprüfung nach Vorwärmen

Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe

Nr. d. Prüf- körpers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	38,3	40,0	40,2	39,5	40,5	38,3	38,9	39,0	39,3	40,2
2	39,9	39,2	40,1	40,2	39,3	40,5	38,9	39,0	39,6	39,5
3	40,2	39,3	39,2	39,6	40,3	39,0	39,6	40,0	40,2	39,5
4	39,5	39,5	40,1	39,9	39,2	39,8	40,4	39,3	40,0	39,6
5	40,0	39,4	39,3	39,9	40,2	40,3	39,9	39,7	40,0	39,4

Multi-Vest

Tabelle 10

Kugeldruck-Härteprüfung nach 1 Stunde

Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe

Nr. d. Prüf- körpers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	11,8	12,0	11,8	12,2	12,0	11,6	12,0	12,3	12,2	12,0
2	11,8	12,3	12,0	11,5	12,0	11,8	11,9	11,7	12,2	12,1
3	12,0	12,3	11,9	12,0	11,8	12,2	12,4	12,6	12,0	12,2
4	11,6	11,9	12,0	11,9	12,4	12,0	10,9	11,8	11,4	12,2
5	12,1	11,9	12,5	12,3	11,9	11,5	11,7	12,0	11,6	12,1

Tabelle 11

Kugeldruck-Härteprüfung nach 24 Stunden

Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe

Nr. d. Prüf- körpers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	9,8	9,6	9,9	9,5	9,2	9,1	9,5	9,1	9,2	9,5
2	9,3	9,3	9,3	9,2	9,4	9,5	9,4	9,6	9,1	9,3
3	9,5	9,7	9,4	9,1	9,4	9,6	9,6	9,3	9,4	9,1
4	9,5	9,5	9,6	9,5	9,2	9,7	9,5	9,0	9,6	9,1
5	9,0	9,6	9,3	9,5	9,4	9,6	9,1	9,9	9,3	9,5

Multi-Vest

Tabelle 12

Kugeldruck-Härteprüfung nach Vorwärmen

Nr. d. Prüf- körpers	Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29,5	30,0	30,2	29,7	29,2	29,3	28,5	29,5	30,0	29,2
2	30,0	29,4	29,2	30,0	29,8	29,2	29,0	30,3	30,0	29,8
3	29,5	28,3	30,2	29,4	29,8	30,0	28,7	29,4	28,8	29,3
4	29,8	28,5	29,5	29,2	29,4	29,9	30,0	29,2	29,5	28,9
5	30,0	29,1	29,7	29,8	29,5	29,9	29,1	29,4	29,6	28,8

Hartex

Tabelle 13

Kugeldruck-Härteprüfung nach 1 Stunde

Nr. d. Prüf- körpers	Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	46,0	46,2	45,9	46,3	45,3	46,3	46,5	45,7	46,0	46,1
2	45,3	46,1	45,7	46,3	46,0	46,2	45,6	46,1	45,9	46,0
3	46,5	45,6	46,0	46,2	45,3	45,7	46,1	45,3	45,9	46,0
4	45,7	46,3	45,9	45,8	46,2	46,1	45,7	46,3	46,0	46,1
5	46,2	46,1	45,0	46,0	46,0	45,9	45,7	46,0	46,1	45,3

Tabelle 14

Kugeldruck-Härteprüfung nach 24 Stunden

Nr. d. Prüf- körpers	Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30,8	31,5	31,1	30,9	30,8	30,6	31,1	30,9	31,1	30,5
2	30,3	31,8	31,6	30,9	31,7	30,5	31,3	31,4	30,9	31,8
3	31,5	31,3	31,6	30,9	31,4	31,1	31,9	30,8	31,2	30,9
4	31,2	31,2	31,8	31,7	31,8	31,3	31,4	31,2	31,0	31,0
5	30,9	30,8	31,5	31,9	31,2	31,6	31,7	31,0	31,7	31,2

Hartex

Tabelle 15

Kugeldruck-Härteprüfung nach Vorwärmen

n.r. d. Prüf- körpers	Zahl der Härteprüfungen in 0,01 mm Eindringtiefe									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	56,0	56,5	56,5	57,0	56,5	56,4	57,0	57,5	56,2	56,4
2	56,1	56,2	56,5	57,1	56,0	55,9	55,8	56,1	56,7	56,7
3	55,9	56,3	55,4	55,9	55,5	56,2	56,0	55,8	56,3	56,2
4	56,2	56,3	56,3	57,1	56,3	57,4	56,2	56,8	56,6	56,1
5	56,1	57,0	55,9	56,2	56,3	56,8	56,4	56,6	57,1	57,3

Wirovest

Tabelle 16

Druckfestigkeitsprüfung
nach 1 Stunde

<u>Nr. d.</u> <u>Prüf-</u> <u>körpers</u>	<u>Druck</u>
1	650 kp
2	695 kp
3	630 kp
4	685 kp
5	665 kp
6	680 kp
7	690 kp
8	705 kp
9	665 kp
10	690 kp

Tabelle 17

Druckfestigkeitsprüfung
nach 24 Stunden

<u>Nr. d.</u> <u>Prüf-</u> <u>körpers</u>	<u>Druck</u>
1	740 kp
2	755 kp
3	750 kp
4	730 kp
5	750 kp
6	730 kp
7	800 kp
8	735 kp
9	780 kp
10	770 kp

Tabelle 18

Druckfestigkeitsprüfung
nach Vorwärmen

<u>Nr. d.</u> <u>Prüf-</u> <u>körpers</u>	<u>Druck</u>
1	210 kp
2	220 kp
3	180 kp
4	205 kp
5	190 kp
6	195 kp
7	180 kp
8	195 kp
9	200 kp
10	190 kp

Hydrovest

Tabelle 19

Druckfestigkeitsprüfung
nach 1 Stunde

Nr. d. Prüf- körpers	Druck
1	845 kp
2	860 kp
3	830 kp
4	875 kp
5	830 kp
6	850 kp
7	870 kp
8	855 kp
9	800 kp
10	850 kp

Tabelle 20

Druckfestigkeitsprüfung
nach 24 Stunden

Nr. d. Prüf- körpers	Druck
1	1075 kp
2	1070 kp
3	1105 kp
4	1060 kp
5	1120 kp
6	1050 kp
7	1030 kp
8	1100 kp
9	1085 kp
10	1060 kp

Tabelle 21

Druckfestigkeitsprüfung
nach Vorwärmen

Nr. d. Prüf- körpers	Druck
1	650 kp
2	610 kp
3	580 kp
4	600 kp
5	630 kp
6	595 kp
7	580 kp
8	605 kp
9	590 kp
10	610 kp

Rema P

Tabelle 22

Druckfestigkeitsprüfung
nach 1 Stunde

<u>Nr. d.</u> <u>Prüf-</u> <u>körpers</u>	<u>Druck</u>
1	300 kp
2	340 kp
3	750 kp
4	750 kp
5	790 kp
6	735 kp
7	780 kp
8	820 kp
9	755 kp
10	790 kp

Tabelle 23

Druckfestigkeitsprüfung
nach 24 Stunden

<u>Nr. d.</u> <u>Prüf-</u> <u>körpers</u>	<u>Druck</u>
1	390 kp
2	900 kp
3	310 kp
4	270 kp
5	335 kp
6	920 kp
7	345 kp
8	390 kp
9	330 kp
10	335 kp

Tabelle 24

Druckfestigkeitsprüfung
nach Vorwärmen

<u>Nr. d.</u> <u>Prüf-</u> <u>körpers</u>	<u>Druck</u>
1	410 kp
2	330 kp
3	400 kp
4	370 kp
5	360 kp
6	420 kp
7	360 kp
8	400 kp
9	390 kp
10	360 kp

Hartex

Tabelle 28

Druckfestigkeitsprüfung
nach 1 Stunde

<u>Nr. d.</u> <u>Prüf-</u> <u>körpers</u>	<u>Druck</u>
1	200 kp
2	220 kp
3	210 kp
4	225 kp
5	200 kp
6	210 kp
7	205 kp
8	220 kp
9	195 kp
10	215 kp

Tabelle 29

Druckfestigkeitsprüfung
nach 24 Stunden

<u>Nr. d.</u> <u>Prüf-</u> <u>körpers</u>	<u>Druck</u>
1	380 kp
2	380 kp
3	390 kp
4	340 kp
5	330 kp
6	370 kp
7	300 kp
8	330 kp
9	340 kp
10	350 kp

Tabelle 30

Druckfestigkeitsprüfung
nach Vorwärmen

<u>Nr. d.</u> <u>Prüf-</u> <u>körpers</u>	<u>Druck</u>
1	175 kp
2	185 kp
3	190 kp
4	170 kp
5	160 kp
6	165 kp
7	185 kp
8	190 kp
9	180 kp
10	175 kp

Mittelwerttabellen

Tabelle 31

Kugeldruckhärte (in 0,01 mm Eindringtiefe)

	Material				
<u>Trocknung</u>	1	2	3	4	5
1 Stunde	15,75	12,35	10,26	11,96	46,00
24 Stunden	13,35	10,13	9,86	9,44	31,22
vorgewärmt	47,50	32,23	39,65	29,49	56,42

(in kp)

	Material				
<u>Trocknung</u>	1	2	3	4	5
1 Stunde	1014,2	1295,3	1562,5	1336,9	346,3
24 Stunden	1196,2	1577,3	1615,0	1686,9	510,2
vorgewärmt	335,2	493,3	401,6	540,0	232,2

Tabelle 32

Druckfestigkeit (in kp)

	Material				
<u>Trocknung</u>	1	2	3	4	5
1 Stunde	630,5	346,5	786,0	300,5	210,0
24 Stunden	759,0	1075,5	877,5	1120,5	551,0
vorgewärmt	196,5	605,0	385,0	604,0	177,5

Material: 1 = Wirovest 4 = Multi-Vest
 2 = Hydrovest 5 = Hartex
 3 = Rema P



Hydrovest

Tabelle 36

Abbindezeitbestimmung

Versuch Nr. 1

2 Minuten	00 Sekunden	26 mm
3 Minuten	00 Sekunden	26 mm
3 Minuten	15 Sekunden	26 mm
3 Minuten	30 Sekunden	26 mm
3 Minuten	45 Sekunden	24 mm
4 Minuten	00 Sekunden	7 mm
4 Minuten	15 Sekunden	4 mm
4 Minuten	30 Sekunden	2 mm
4 Minuten	45 Sekunden	1 mm

Tabelle 37

Abbindezeitbestimmung

Versuch Nr. 2

2 Minuten	00 Sekunden	26 mm
3 Minuten	00 Sekunden	26 mm
3 Minuten	15 Sekunden	26 mm
3 Minuten	30 Sekunden	26 mm
3 Minuten	45 Sekunden	24 mm
4 Minuten	00 Sekunden	8 mm
4 Minuten	15 Sekunden	5 mm
4 Minuten	30 Sekunden	2 mm
4 Minuten	45 Sekunden	1 mm

Hydrovest

Tabelle 33

Abbindezeitbestimmung

Versuch Nr. 3

2 Minuten	00 Sekunden	26 mm
3 Minuten	00 Sekunden	26 mm
3 Minuten	15 Sekunden	26 mm
3 Minuten	30 Sekunden	25 mm
3 Minuten	45 Sekunden	9 mm
4 Minuten	00 Sekunden	3 mm
4 Minuten	15 Sekunden	2 mm
4 Minuten	30 Sekunden	2 mm
4 Minuten	45 Sekunden	1 mm

Mittelwert

Anfang: 3 Minuten 55 Sekunden

Ende : 4 Minuten 45 Sekunden

Multi-Vest

Tabelle 42

Abbindezeitbestimmung

Versuch Nr. 1

2 Minuten	00 Sekunden	26 mm
6 Minuten	00 Sekunden	26 mm
6 Minuten	15 Sekunden	26 mm
6 Minuten	30 Sekunden	26 mm
6 Minuten	45 Sekunden	26 mm
7 Minuten	00 Sekunden	26 mm
7 Minuten	15 Sekunden	26 mm
7 Minuten	30 Sekunden	15 mm
7 Minuten	45 Sekunden	13 mm
8 Minuten	00 Sekunden	4 mm
8 Minuten	15 Sekunden	2 mm
8 Minuten	30 Sekunden	1 mm

Tabelle 43

Abbindezeitbestimmung

Versuch Nr. 2

2 Minuten	00 Sekunden	26 mm
6 Minuten	00 Sekunden	26 mm
6 Minuten	15 Sekunden	26 mm
6 Minuten	30 Sekunden	26 mm
6 Minuten	45 Sekunden	26 mm
7 Minuten	00 Sekunden	26 mm
7 Minuten	15 Sekunden	26 mm
7 Minuten	30 Sekunden	14 mm
7 Minuten	45 Sekunden	7 mm
8 Minuten	00 Sekunden	2 mm
8 Minuten	15 Sekunden	1 mm

Multi-Vest

Tabelle 44

Abbindezeitbestimmung

Versuch Nr. 3

2 Minuten	00 Sekunden	26 mm
6 Minuten	00 Sekunden	26 mm
6 Minuten	15 Sekunden	26 mm
6 Minuten	30 Sekunden	26 mm
6 Minuten	45 Sekunden	26 mm
7 Minuten	00 Sekunden	26 mm
7 Minuten	15 Sekunden	11 mm
7 Minuten	30 Sekunden	6 mm
7 Minuten	45 Sekunden	2 mm
8 Minuten	00 Sekunden	2 mm
8 Minuten	15 Sekunden	1 mm

Mittelwert

Anfang: 7 Minuten 25 Sekunden

Ende : 8 Minuten 20 Sekunden

benutzten von TUKEY angegebenen Konfidenzintervalle haben die Form:

$$\hat{L} - \sqrt{\frac{MAQ_N}{r}} q_{1-p/k/f} \leq L \leq \hat{L} + \sqrt{\frac{MAQ_N}{r}} q_{1-p/k/f}$$

$\hat{L}$ = der zu beurteilende Mittelwertskontrast der Stichprobe

L = der entsprechende Kontrast der Grundgesamtheit

$\frac{MAQ_N}{r}$ = Varianz des Kontrastes

MAQ_N = das aus der Varianzanalysentabelle entnommene MAQ

r = die Anzahl der jedem Mittelwert zugrundeliegenden Einzelmessungen

$q_{1-p/k/f}$ = die obere Signifikanzschranke des studentisierten Extrembereiches

$1-p$ = Sicherheitswahrscheinlichkeit

k = Anzahl der Mittelwerte

f = Anzahl der Freiheitsgrade von MAQ_N

Eine Mittelwertsdifferenz L ist dann signifikant von 0 verschieden, wenn sie größer ist als der Ausdruck

$$\sqrt{\frac{MAQ_N}{r}} q_{1-p/k/f}$$

Für unsere Untersuchungen ergaben sich folgende Werte:

TUKEY-Test für Kugeldruckhärte

d_{krit} = kritischer Wert für Mittelwertsdifferenz

$$d_{\text{krit}} = \sqrt{\frac{MAQ_{II}}{r}} \cdot q_{0,99/15/135}$$

$$MAQ_{II} = 535,4074$$

$$r = 10$$

$$q_{0,99/15/135} \approx 5,6$$

$$d_{\text{krit}} \approx 41$$

TUKEY-Test für Druckfestigkeit

$$d_{\text{krit}} = \sqrt{\frac{MAQ_{II}}{r}} \cdot q_{0,99/15/675}$$

$$MAQ_N = 21,2433$$

$$r = 50$$

$$q_{0,99/15/675} \approx 5,6$$

$$d_{\text{krit}} \approx 3,7$$

statistisch gesichert können nach einer Stunde (Tab.51) alle Unterschiede außer der Differenz der Massen 2-3 betrachtet werden. Nach 24 Stunden (Tab.52) sind alle Ergebnisse signifikant. Nach Vorwärmen (Tab.53) erhielten wir für die Massen 1-2 und 4-5 keine gesicherten Unterschiede.

Abbindezeit:

Da bei der Bestimmung der Abbindezeit die Meßwerte sich nicht überschneiden, konnte für diese Prüfung auf die Anwendung eines statistischen Testverfahrens verzichtet werden.

Mittelwerttabellen

Tabelle 46

Kugeldruckhärte

Werte für verschiedene Trocknungsarten nach Größe geordnet
(in 0,01 mm Bixuringtiefe)

nach 1 Stunde	1. Hartex	46,00
	2. Wirovest	15,75
	3. Hydrovest	12,32
	4. Multi-Vest	11,96
	5. Rema P	10,26

nach 24 Stunden	1. Hartex	31,22
	2. Wirovest	13,35
	3. Hydrovest	10,13
	4. Rema P	9,86
	5. Multi-Vest	9,44

nach Vorwärmen	1. Hartex	56,42
	2. Wirovest	47,50
	3. Rema P	39,65
	4. Hydrovest	32,23
	5. Multi-Vest	29,49

Zunahme der Bixuringtiefe = Abnahme der Kugeldruckhärte

Mittelwerttabellen

Tabelle 47

Druckfestigkeit

Werte für verschiedene Trocknungsarten nach Größe geordnet
(in kp)

nach 1 Stunde	1. Hydrovest	846,5
	2. Multi-Vest	800,5
	3. Rema P	786,0
	4. Wirovest	680,5
	5. Hartex	210,0
nach 24 Stunden	1. Multi-Vest	1120,5
	2. Hydrovest	1075,5
	3. Rema P	877,5
	4. Wirovest	759,0
	5. Hartex	351,0
nach Vorwärmen	1. Hydrovest	605,0
	2. Multi-Vest	604,0
	3. Rema P	335,0
	4. Wirovest	196,5
	5. Hartex	177,5

Kugeldruckhärte

Tabelle 48

Differenzen der Mittelwerte Trocknung 1 Stunde

	2	3	4	5
1	30,25	55,63	34,04	35,74
2			2,75	2,49
3			0,50	
4				1,70

1 = Hartex
2 = Wirovest

3 = Hydrovest
4 = Multi-Vest

5 = Rema P

Tabelle 49

Differenzen der Mittelwerte Trocknung 24 Stunden

	2	3	4	5
1	17,07	21,09	21,36	21,73
2				3,91
3			0,27	
4				0,42

1 = Hartex
2 = Wirovest

3 = Hydrovest
4 = Rema P

5 = Multi-Vest

Tabelle 50

Differenzen der Mittelwerte nach Vorwärmen

	2	3	4	5
1	2,62	10,77	24,14	26,93
2		12,15	15,22	18,01
3			7,37	10,16
4				2,10

1 = Hartex
2 = Wirovest

3 = Rema P
4 = Hydrovest

5 = Multi-Vest

Druckfestigkeit

Tabelle 51

Differenzen der Mittelwerte Trocknung 1 Stunde

	2	3	4	5
1	46,0	60,5	160,0	636,5
2		14,5	120,0	590,5
3			105,5	576,0
4				470,5

1 = Nyarvest
2 = Multi-Vest

3 = Rema P
4 = Wirovest

5 = Hartex

Tabelle 52

Differenzen der Mittelwerte Trocknung 24 Stunden

	2	3	4	5
1	45,0	243,0	361,5	769,5
2		100,0	316,5	724,5
3			110,5	526,5
4				408,0

1 = Multi-Vest
2 = Hydrovest

3 = Rema P
4 = Wirovest

5 = Hartex

Tabelle 53

Differenzen der Mittelwerte nach Vorwärmen

	2	3	4	5
1	1,0	220,0	403,5	427,5
2		210,0	407,5	426,5
3			188,5	207,5
4				19,0

1 = Hydrovest
2 = Multi-Vest

3 = Rema P
4 = Wirovest

5 = Hartex

Tabelle 54

Varianzanalysentabelle für Kugeldruckhärte

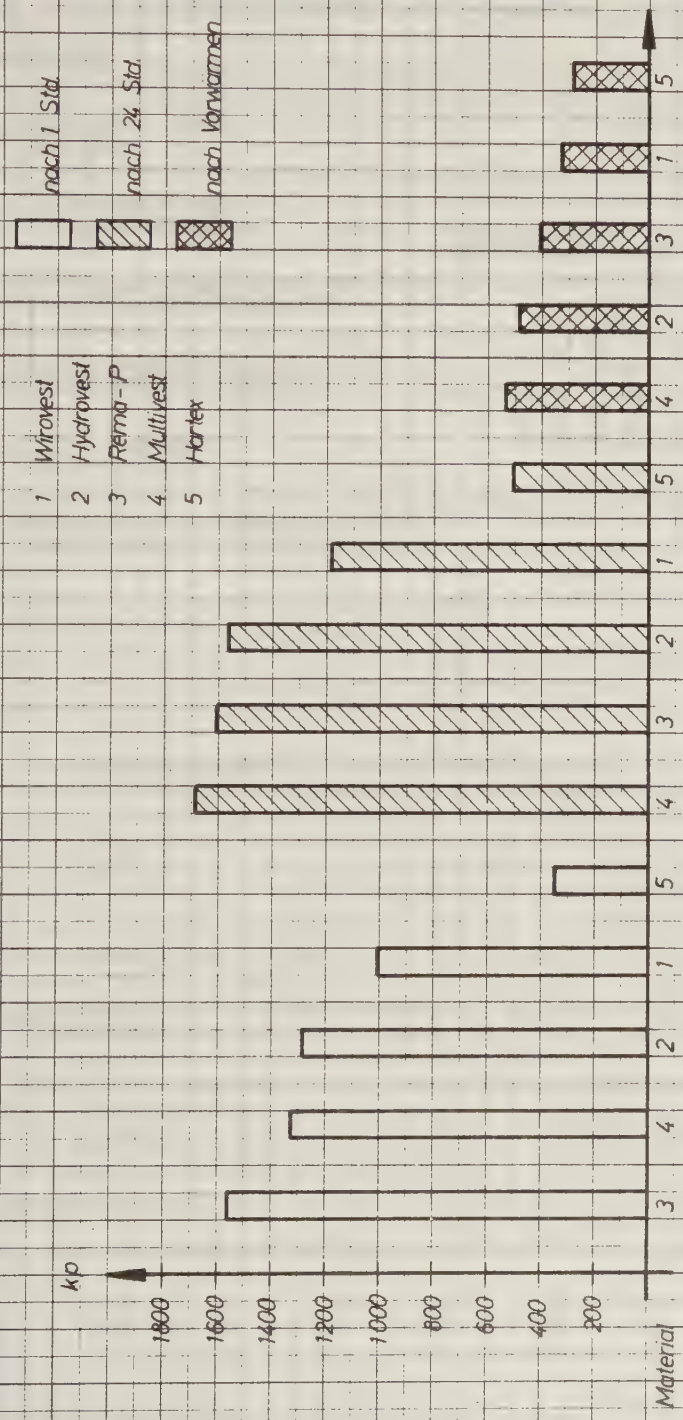
Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ
Masse	7726121	4	1431530
Abbindung	9822002	2	4911001
Masse/Abbindung	922680	8	115335
Körper	1274	60	21
Messungen	8540	675	12

Varianzanalysentabelle für Druckfestigkeit

Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ
Masse	7414865	4	1853716
Abbindung	4990230	2	2495140
Masse/Abbindung	874758	8	109344
Körper	72280	135	535

Mittelwerttabelle der Kugeldruckhärteprüfung

(in kp)



Mittelwerttabelle für Druckfestigkeitsprüfung

kp

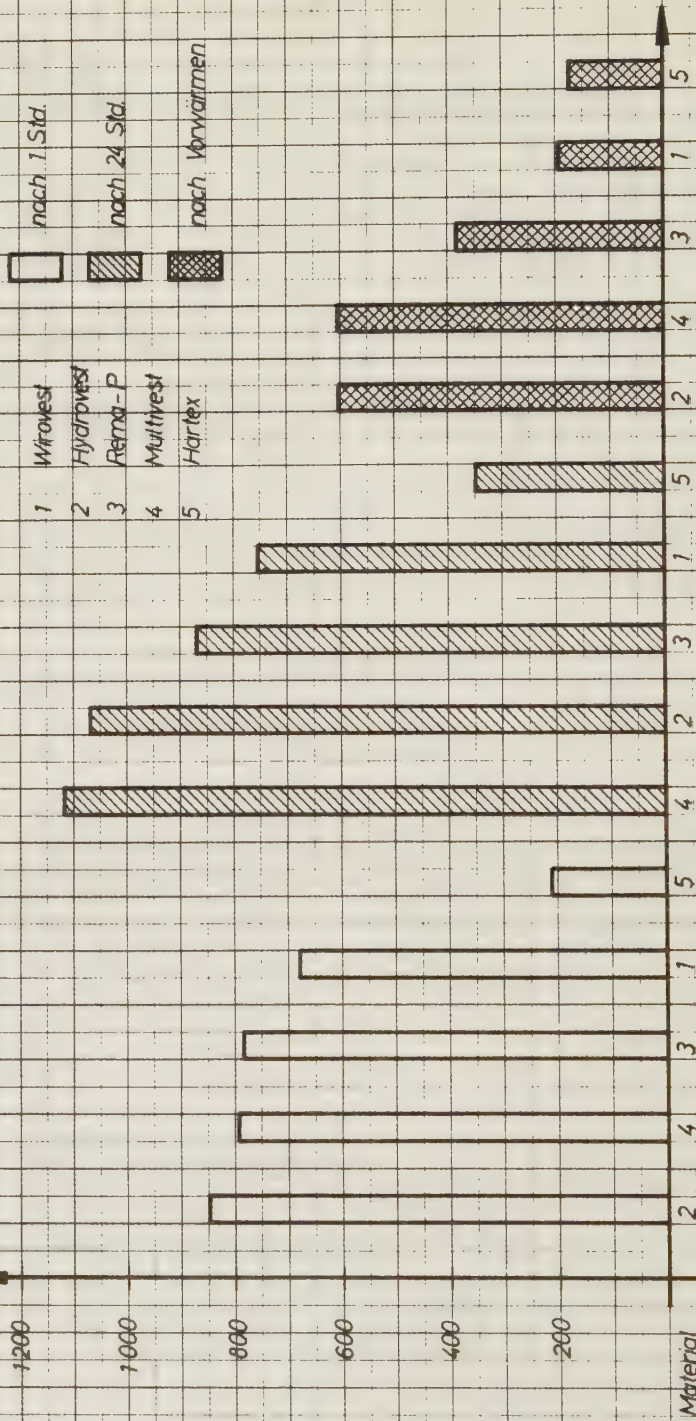
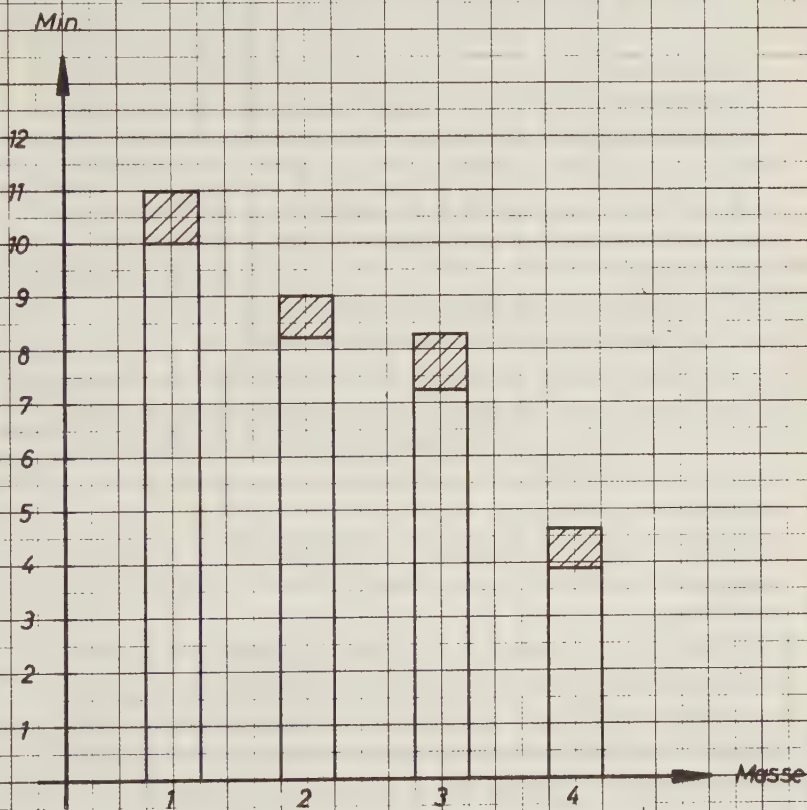


Tabelle 57

Mittelwerte der Abbindezeit



1 Wirovest

2 Rerna-P

3 Multivest

4 Hydrovest

 Beginn der Abbindezeit

 Ende der Abbindezeit

9. Zusammenfassung

Durch vergleichende Untersuchungen wurde die Kugeldruckhärte, Druckfestigkeit und Abbindezeit verschiedener Einbettmassen für den Kobalt-Chrom-Guß ermittelt.

Die Prüfungen erfolgten 1 Stunde und 24 Stunden nach Anrühren sowie nach Erhitzen der Einbettmasse auf 1000°C .

Als Prüfmaterialien wurden Wirovest, Hydrovest, Rema P, Multi-Vest und Hartex herangezogen.

Die Prüfergebnisse ergaben unterschiedliche Rangfolgen der Einbettmassen innerhalb einer Trocknungsart. Es konnte bei allen Einbettmassen ein Anstieg der Härte nach einer Trocknungszeit von 24 Stunden verzeichnet werden.

Nach dem Vorwärmen der Einbettmassen wurden erheblich niedrigere Werte gemessen, als nach einstündiger Abbindung.

Bei den Kugeldruckversuchen zeigte Hartex bei allen Prüfbedingungen die geringsten Härtewerte mit einer deutlichen Differenz gegenüber den anderen Einbettmassen. Als härteste Einbettmasse erwies sich nach einer Stunde Trocknung Rema P, nach 24 Stunden Multi-Vest und Rema P und nach Vorwärmen Multi-Vest.

Bei den Druckfestigkeitsprüfungen schnitt Hartex gegenüber den anderen Einbettmassen wesentlich schlechter ab. Die höchsten Werte wurden für alle Prüfbedingungen bei Hydrovest und nahezu gleich für Multi-Vest gemessen.

Die Abbindezeit konnte nur bei 4 Einbettmassen geprüft werden. Da Hartex infolge des andersartigen chemischen

Verhaltens bei der Abbindezeit während der gesamten Abbindezeit von 20 Minuten auf dem Rüttler verbleiben mußte, konnte dieses Material zur Prüfung nicht herangezogen werden.

Von den geprüften Einbettmassen wies Hydrovest mit 3 Minuten 55 Sekunden die kürzeste Verarbeitungszeit und mit 4 Minuten 45 Sekunden die kürzeste Abbindezeit auf.

Diese Zeiten sind für die Einbettung großer Gußstücke zu kurz.

Die Verarbeitungszeiten von Wirovest, Rema P und Multi-Vest, die zwischen 7 und 10 Minuten lagen, sind als ausreichend anzusehen.

Für die Abbindezeit wurden bei den zuletzt genannten Einbettmassen 8 bis 12 Minuten gemessen.

10. Literaturverzeichnis

1. AMERICAN DENTAL ASSOCIATION
Specification no. 2 for casting investment for dental gold alloy
2. Ed., Chicago 1964
2. BACH, J.
Handbuch der Zahnersatzkunde
Bd 1, Berlin 1913
3. BENNSTEIN, M.
Untersuchungen am Gips
Zahnärztl. Rdsch. 46, 490 - 495 (1919)
4. COLEMAN, R.L.
Druckprüfungen an Gips-Quarz-Gemischen
Dent. Cosmos 70, 377 - 401 (1926)
5. COLEMAN, R.L.
Physical properties of dental materials
Dent. Cosmos 70, 743 - 748 (1926)
6. DEUTSCHE NORMEN
DIN 1168, Blatt 1 u. 2
7. DOOTZ, E.R., R.G. CRAIG, F.A. PEYTON
Influence of investments and duplicating procedures on the accuracy of partial denture castings
J. Pros. Dent. 15, 679 - 690 (1965)
8. EARNSHAW, R.
Investments for casting cobalt-chromium alloys, Part 1
Brit. dent. J. 21, 389 - 396 (1960)

9. EARNSHAW, R.
Investments for casting cobalt-chromium alloys, Part 2
Brit. dent. J. 21, 429 - 440 (1960)
10. EARNSHAW, R.
The compressive strength of gypsum-bonded investments at high temperatures
Aust. dent. J. 14, 264 - 271 (1969)
11. FEILMANN, P.D.
Zahnärztliche Einbettungsmethoden und Gußprobleme
Med. Diss. Düsseldorf 1958
12. GERLACH, H.P.
Beiträge zur Materialkunde I
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 35, 1121 - 1128 (1932)
13. GERLACH, H.P.
Die Beeinflussung des thermischen Volumenverhaltens von Gips-Quarz-Gemischen im zahnärztlichen Gußverfahren
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 36, 467 - 472 (1933)
14. GERLACH, H.P.
Beiträge zur Materialkunde III
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 36, 746 - 750 (1933)
15. GRASSL, J.F.
Verbesserung von Oberflächen von Güssen durch Netzmittel und Vakuumeinbettung
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 1057 - 1065 (1954)

16. HAAG, R.

Experimentelle Untersuchung über die
Erstarrungszeit, Kugeldruckhärte und
Druckfestigkeit der gipsfreien Einbett-
massen Aurovest W, Deguvest HFG, Cerami-
gold Investment
Med. Diss. Mainz 1970

17. HAUPTMEYER, F.

Über die Verwendung von rostfreiem Stahl
in der Zahnheilkunde
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 38, 1 - 7 (1920)

18. HÜFER, G.

Über das Volumenverhalten einiger zahn-
ärztlicher Einbettungsmassen unter Berücksichtigung der hygroskopischen Expansion
nach Scheu
Med. Diss. Leipzig 1957

19. HUNTER, I.E.G.

An investigation of the efficiency of
model investments
Northwest. Univ. Bul. 44, E2, 15 - 19 (1943)

20. KANTAKE, T., K. OYAMA, T. HASEGAWA

On the hygroscopic of dental investment
The Shikawa Gakuho 55, 247 - 251 (1955)

21. KLOHE, J.F.

Experimentelle Untersuchungen der Auswir-
kungen von "Super Setting" auf die Erstar-
rungszeit, die Kugeldruckhärte, die Druck-
festigkeit und die Luftdurchlässigkeit von
verschiedenen zahnärztlichen Einbettmassen
Med. Diss. Mainz 1967

22. KUNERT, G.

Ein einfaches und zuverlässiges Gußverfahren
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 12, 1050 - 1052 (1909)

23. LANGHAUSER, R.

Untersuchungen über die Druckfestigkeit einiger zahnärztlicher Einbettungsmassen für Edelmetalllegierungen und die Entwicklung einer Methode zur Bestimmung der beim Gußvorgang mit gebräuchlichen Schleudern in der Hohlform auftretenden Maximaldrucke
Med. Diss. Hamburg 1969

24. OESCHGER, H.X.

Vergleichende Untersuchungen über das Einbetten mit im Vakuum von Luftblasen befreiter Einbettmassen
Dtsch. Zahn-Mund-Kieferheilk. 22, 208 - 228 (1955)

25. OLLENDORF, H.

Eine neue Methode zur Herstellung von Zahnersatzstücken
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 22, 657 - 664 (1904)

26. PRENZ, D.

Der Einfluß des Vakuums auf die zahnärztlichen Einbettmassen "Articast" und "Expansit"
Med. Diss. Jena 1961

27. REHBERG, H.J.

Untersuchungen über eine neue Einbettmasse für den Guß hochschmelzender Legierungen
Dtsch. Zahn-Mund-Kieferheilk. 22, 193 - 208 (1955)

28. SCHILLIG, G.

Untersuchungen zur Frage: Verformt sich
die Einbettmasse unter dem Druck der ein-
geschleuderten Schmelze?

Med. Diss. Tübingen 1953

29. SCHOMMEBECK, F.

Kurzer Leitfaden der zahnärztlichen Material-
kunde

Berlin 1931

30. SCHWINDLIG, R.

Untersuchungen der Oberflächen-Feinstruktur
von Metallgüssen bei verschiedener Einbettungs-
art unter Vakuum

Zahnärztl. Rasch. 64, 477 - 485 (1955)

31. SOLBRIG, O.

Welche Faktoren bedingen die Formveränderung
in dem zahnärztlichen Gußverfahren

Dtsch. Vjschr. Zahnheilk. 54, 31 - 107 (1922)

32. SPANMER, J.

Grundlagen der Gußtechnik

Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 43, H 1, 1 - 44
(1923)

33. STERFEL, L.

Abbindezeiten des Gipses

Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 41, 225 - 254 (1923)

34. SWEENEY, W.T.

Cristobalite for dental investment

J. Amer. dent. Ass. 20, 46 - 51 (1933)

35. TAEGE, F.

Untersuchungen über die hygroskopische
Expansion von Einbettmassen
Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 116-120 (1958)

36. TAGGART, W.H.

A new and accurate methode of making gold-
inlays
Dent. Cosmos 49, 1117-1121 (1907)

37. TAMM, G.

Lehrbuch der Metallkunde
Leipzig 1932

38. TAYLOR, C.H., G.C. PFAFFENBERGER, W.T. SWEENEY,

Dental inlay casting investments, physical
properties and a specification
J. Amer. dent. Ass. 17, 2266-2285 (1930)

39. VICAT-Nadelgerät

Bedienungsanleitung

40. WEBER, E.

Grundriß der biologischen Statistik
Stuttgart 1967

41. WEICKART, P.

Werkstoffkunde für Zahnärzte
München 1960

42. Z 426

Beschreibung und Bedienungsanweisung
zum Kugeldruckhärteprüfer

Lebenslauf

Am 12.5.1946 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Walter Deck und dessen Ehefrau Klara Deck, geb. Batsch, in Mannheim geboren.

Von 1952-1956 besuchte ich die Volksschule in Mannheim. 1956 trat ich in die Sexta des neusprachlichen Tulla-Gymnasiums in Mannheim ein.

1962 wechselte ich in das Kurpfalz-Gymnasium über und legte dort 1966 die Reifeprüfung ab.

Im Wintersemester 1966-67 war ich an der Universität in Heidelberg im Studienfach Biologie immatrikuliert. Im Sommersemester 1967 nahm ich an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz das Studium der Zahnheilkunde auf. Im Wintersemester 1967-68 bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung und am 21.6.1972 das Staatsexamen.

Seit 1.7.1972 bin ich als Assistent in der Abteilung für poliklinische Prothetik der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten in Mainz angestellt.

Meinen herzlichsten Dank möchte ich Herrn Professor Dr. H. Marx für die Überlassung des Themas und die fachliche Beratung aussprechen.

Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Professor Dr. K. Funr für die Übernahme des Korreferates, sowie Herrn Dr. Scheidt für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Meßergebnisse.

